

УДК 661.74:669.14.046.554

Котляр С. М.

КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДИФІКУВАННЯ СТРУКТУРИ СПЛАВУ АК9М2

Для виробництва відливок відповідального призначення широко використовують сплави на основі алюміній – кремній з комплексом мікролегуючих добавок. Це пов'язано з тим, що дані сплави мають високий рівень технологічних властивостей, низьку об'ємну та лінійну усадку, що дозволяє отримувати з них відливки з щільною герметичною структурою.

Виготовлення відливок із силумінів на основі тільки первинних шихтових матеріалів потребує значних матеріальних затрат. Знизити їх можливо при використанні в якості шихти лому та відходів. Але сплави, виготовлені на основі лому та відходів алюмінієвих сплавів, мають нестабільний рівень властивостей. Причиною цього є немодифікована макроструктура (крупні зерна алюмінієвого твердого розчину) і мікроструктура (крупні частки кремнію в евтектиці), велика кількість залізомістких фаз кристалізаційного походження, наявність шлакових та оксидних включень та ін. Відповідно підвищення якості сплавів виготовлених з вторинної сировини є актуальною задачею [1, 2].

Традиційними засобами підвищення властивостей силумінів є їх рафінування, мікролегування і модифікування.

Але для одночасного модифікуючого впливу на макро- і мікроструктуру потрібно розробити відповідну комплексну технологію обробки розплаву певного сплаву. В даній роботі це реалізовано на прикладі доевтектичного силуміну АК5М2 [3].

Мета роботи – дослідити вплив титану і бору, а також нового рафінуючомодифікуючого флюсу, введених в розплав як окремо, так і сумісно, на процес формування структури і рівень механічних властивостей сплаву АК9М2.

Комплекс добавок титану і бору вводили в розплав за допомогою промислової лігатури AlTi5B1 (5 % Ti, 1 % B). Розроблений рафінуючо-модифікуючий флюс має наступний склад: NaF – 15 %, Na₃AlF₆ – 5 %, NaCl – 60 %, KCl – 20 %.

Попередніми дослідженнями встановлено оптимальний хімічний склад сплаву АК9М2, який забезпечує максимальний рівень механічних властивостей: Si – 10 %, Cu – 2 %, Mg – 0,3 %, Mn – (0,4–0,5) від вмісту в сплаві Fe, Ti – (0,15–0,2) %. В подальшому вміст даних компонентів дотримували в зазначених межах.

Встановлено, що сумісне введення мікродобавок титану і бору за допомогою лігатури AlTi5B1 призведе до суттєвого зменшення середнього розміру зерна алюмінієвого твердого розчину α_{Al} та збільшення рівня механічних властивостей сплаву. Вплив даної лігатури на рівень механічних властивостей сплаву АК9М2 наведено в табл. 1, на структуру (рис. 1), на середній розмір зерна (рис. 2).

З табл. 1. видно, що збільшення вмісту лігатури до 4 % в досліджуваному сплаві спостерігається незначне збільшення тимчасового опору розриву (до 20 МПа) при суттєвому підвищенні значень відносного видовження (на 50 %). Даний вміст лігатури відповідає додатковому введенню сплав приблизно 0,04 % бору і 0,2 % титану.

Добавки титану і бору суттєво впливають на кристалізацію досліджуемого сплаву. В лігатурі AlTi5B1 наявні частки фаз TiB₂, AlB₂, Al₃Ti, що мають однотипні кристалічні ґратки і розмірну відповідність їх параметрів в деяких кристалографічних площинах з кристалічною ґраткою алюмінієвого твердого розчину, і таким чином, можуть бути додатковими центрами кристалізації під час кристалізації сплаву АК9М2. При введенні в даний сплав лігатури AlTi5B1 розмір зерна зменшується майже в 4 рази, що і впливає на підвищення рівня механічних властивостей, особливо пластичності.

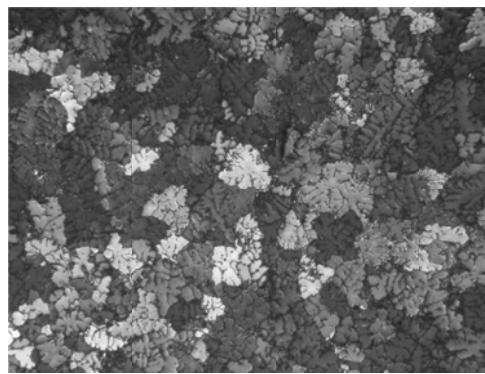
Таблиця 1

Вплив лігатури AlTi5B1 на механічні властивості сплаву АК9М2

Вміст лігатури AlTi5B1, % мас.	σ_B , МПа	δ , %	НВ
0	210	2,2	83
1	216	2,5	83
2	221	2,8	83
3	225	3,0	83
4	228	3,2	84
5	226	3,0	84



а



б

Рис. 1. Вплив лігатури AlTi5B1 на макроструктуру сплаву АК9М2:
а – структура до модифікування, б – структура після модифікування (4 % лігатури)

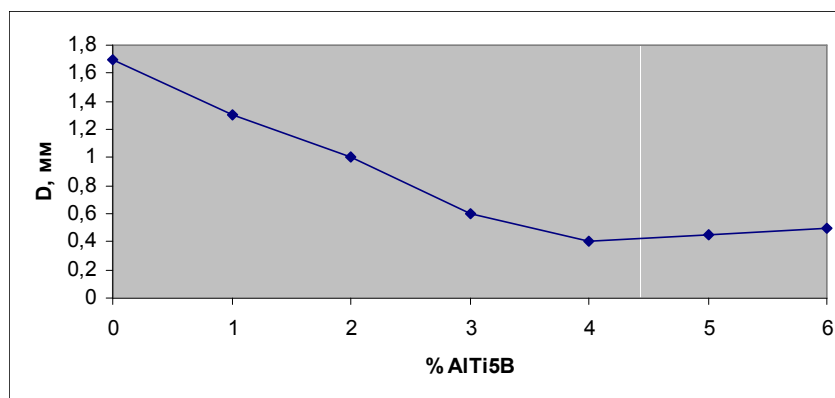


Рис. 2. Вплив лігатури AlTi5B1 на розмір зерна сплаву АК9М2

Для подрібнення кремнію в евтектиці та з метою рафінування розплаву в сплаві АК9М2 вводили модифікуючий флюс у кількості 1 % від маси сплаву наступного складу: NaF – 15 %, Na_3AlF_6 – 5 %, NaCl – 60 %, KCl – 20 %. Обробку розплаву флюсом проводили при температурі 760 °С. Флюс засипали на дзеркало розплаву, після його розплавлення проводили його замішування в об'єм розплаву, витримували розплав при вказаній температурі протягом 10–15 хв., знімали шлак та виливали сплав в металеву виливницю.

Встановлено вплив рафінуючо-модифікуючого флюсу на структуру (рис. 3) та механічні властивості (табл. 2) сплаву АК9М2. Вміст кремнію, міді і магнію в сплаві АК9М2 відповідав встановленому раніше оптимальному складу. Встановлено, що замість крупних голчастих виділень кремнію в евтектиці (рис. 3, а), при введенні в сплав даного флюсу евтектичний кремній кристалізується у розгалуженій скелетній формі з тонкими вітками волокнистої форми (рис. 3, б).

З даних наведених в табл. 3. видно, що оптимальний вміст запропонованого флюсу в досліджуваному сплаві відповідає 1 % від маси сплаву. При даному вмісті флюсу рівень пластичності сплаву АК9М2 підвищується на 40 % при незначному підвищенні міцності.

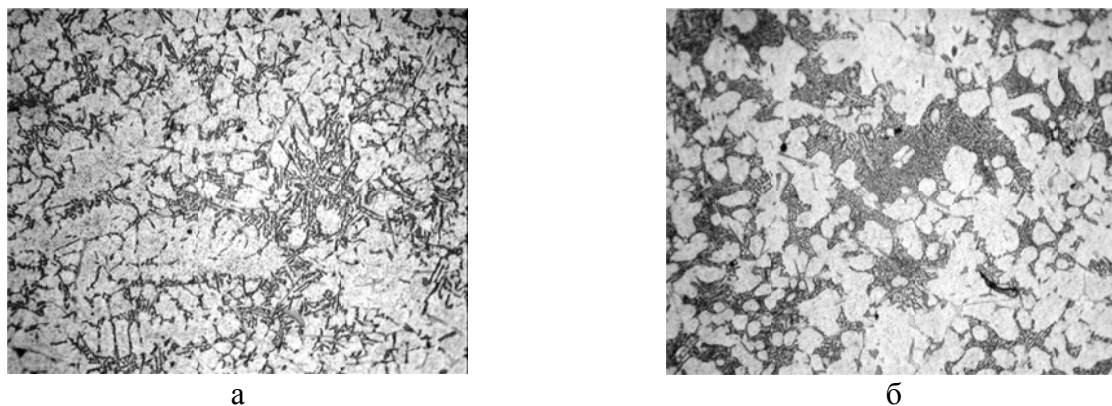


Рис. 3. Зміна морфології евтектичного кремнію після обробки сплаву АК9М2 флюсом: а – без флюсу, б – вміст флюсу 1 % \times 250

Таблиця 2
Вплив рафінуючомодифікуючого флюсу на механічні властивості сплаву АК9М2

Вміст флюсу, % мас.	σ_B , МПа	δ , %	НВ
0	210	2,2	83
0,2	211	2,3	83
0,4	213	2,4	83
0,6	216	2,6	83
0,8	218	2,8	83
1	222	3,0	82
1,2	220	2,9	82
1,4	215	2,7	83

Після комплексної обробки розплаву лігатурою АITi5B1 та модифікуючо-рафінуючим флюсом рівень міцності сплаву АК9М2 оптимального складу (по вмісту кремнію, міді і магнію) підвищується на 20-25 МПа, а пластичність збільшується на 60 % (табл. 3). Порівняно ж з рівнем властивостей сплаву АК9М2 зазначених в державному стандарті, міцність сплаву АК9М2 оптимального складу після модифікування зазначеними лігатурою і флюсом підвищується більш ніж на 20 %, а пластичність більш ніж в 2 рази.

Таблиця 3
Механічні властивості сплаву АК9М2 після обробки лігатурою та флюсом*

Сплав	σ_B , МПа	δ , %	НВ
(АК9М2) _{opt}	210	2,2	83
(АК9М2) _{opt} +флюс+АITi5B1	232	3,5	85

*Склад рафінуючо-модифікуючого флюсу: NaF – 15 %, Na₃AlF₆ – 5 %, NaCl – 60 %, KCl – 20 %. Вміст флюсу 1 %. Сплав АК9М2 з наступним вмістом компонентів: кремнію – 10 %, міді – 2 %, магнію – 0,3 %, марганцю – (0,4–0,5) від вмісту в сплаві; заліза, титану – (0,15–0,2) %.

Таким чином, застосування в комплексі рафінуючомодифікуючого флюсу, модифікуючої лігатури алюміній-титан-бор забезпечує найвищий результат з точки зору підвищення рівня механічних властивостей та стабілізації структури. Аналіз структури сплаву після

даної обробки показав, що подрібнюється евтектичний кремній за рахунок модифікування натрієм, подрібнюються зерно алюмінієвого твердого розчину за рахунок дії лігатури алюміній – титан – бор.

Проведені експериментальні дослідження вказують на стабілізацію та покращення структури по всьому перетину зливка досліджуваного сплаву, що і викликає відповідне підвищення комплексу механічних властивостей досліджуваних зразків сплаву АК9М2 після запропонованої комплексної обробки розплаву.

ВИСНОВКИ

1. Обробка розплаву сплаву АК9М2 рафінуючомодифікуючим флюсом складу NaF – 15 %, Na₃AlF₆ – 5 %, NaCl – 60 %, KCl – 20 % змінює морфологію ламелей евтектичного кремнію з голчастої на тонковолокнисту. Встановлено, що оптимальна кількість флюсу для обробки не перевищує 1 % від маси розплаву. Зміна морфології кремнієвої евтектики відбувається за рахунок засвоєння натрію з флюсу, який накопичується на фронті зростання кремнію і уповільнює швидкість його зростання. Така зміна морфології веде до підвищення пластичності сплаву АК9М2 на 40 %, при незначному підвищенні міцності;

2. В доевтектичних сплавах Al – Si (сплав АК9М2) подрібнення зерна α -твердого розчину досягається введенням промислової лігатури AlTi5B1. Введення 4 %, від маси металу, лігатури веде до зменшення розмірів литого зерна сплаву з 1.7 до 0.4 мм. Дія лігатури проявляється в здатності частинок TiB₂ до зародження твердої фази під час кристалізації. Ці частинки переходять в розплав з лігатури, і при досягненні температури зародкоутворення на їх поверхні формуються кристали твердої фази. Наявні в лігатурі, поряд з TiB₂, кристали Al₃Ti також переходять в розплав, але швидко розчиняються і не відіграють роль підкладинок для зародження кристалів твердого розчину. Встановлено також, що введення лігатури не змінює морфологію евтектичного кремнію. Лігатурна обробка забезпечує підвищення пластичності сплаву на 50 % (з 2.2 до 3 %), при незначному збільшенні міцності;

3. Комплексна обробка розплаву лігатурою AlTi5B1 та модифікуючорафінуючим флюсом призведе до підвищення міцності сплаву АК9М2 на 20–25 МПа, а пластичності на 60 %.

Перспектива подальших досліджень у даному напрямку полягає у встановленні впливу розробленої комплексної технології обробки розплаву доевтектичних силумінів на інші промислові сплави даної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мондольфо Л. Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов / Л. Ф. Мондольфо – М. : Металлургия, 1979. – 640 с.
2. Золотаревский В. С.. Металловедение литейных алюминиевых сплавов / В. С. Золотаревский, Н. А. Белов – М. : МИСИС, 2005. – 375 с.
3. Фриляндер И. Н. Машиностроение. Энциклопедия. Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы. Т. II-3 / И. Н. Фриляндер, О. Г. Сенаторова – МАШИНОСТРОЕНИЕ, ИЗДАТЕЛЬСТВО, 2001. – 880 с.
4. Строганов Г. Б. Сплавы алюминия с кремнием / Г. Б. Строганов, В. А. Ротенберг, Г. Б. Гершман – М. : Металлургия, 1977 – 272 с.
5. Альтман М. Б. Сплавы цветных металлов / М. Б. Альтман, Г. Б. Строганов, Н. С. Постников – М., «Наука», 1972 – С. 180–186.
6. Боом Е. А. Природа модифицирования сплавов типа силумин / Е. А. Боом – М. : Металлургия, 1972. – 69 с., ил.
7. Лейбов Ю. М. Металлургия вторичных цветных металлов и сплавов / Ю. М. Лейбов, В. М. Базилевский – М., «Металлургия», 1972. – С. 81–86.